

### Projekta īstenošanas progress uz 2013.gada aprīli

#### 1. aktivitāte „Esošo tehnoloģiju apskats” ir pabeigta.

Tās ietvaros veikta literatūras analīze un sagatavoti pārskati saistībā ar elektroapgādes sistēmā paredzētajiem energoelektronikas pārveidotājiem, lēngaitas vēja ģeneratoriem, ūdeņraža iegūšanas un uzkrāšanas tehnoloģijām, degvielas elementiem un energosistēmu vadības tehnoloģijām un sasniegti šādi projektā paredzētie rezultāti:

- sastādīts analītisks pārskats par analogisku sistēmu vadības tehniskajiem risinājumiem pasaulē;
- sagatavots pārskats par esošajām tehnoloģijām ūdeņraža nodrošināšanai;
- izstrādāts energoapgādes sistēmas tehniski ekonomiskais pamatojums;
- sastādīts analītisks pārskats par analogisku AC-DC, DC – AC un līdzsprieguma paaugstinošo pārveidotāju tehniskajiem risinājumiem pasaulē.

#### 2. aktivitātes „Līdzsprieguma paaugstinošā pārveidotāja izstrāde” ietvaros veiktas šādas darbības:

- veicot literatūras analīzi, izvēlēti trīs perspektīvākie līdzsprieguma paaugstinošā pārveidotāja spēka shēmas varianti;
- veikts LLC rezonanses pārveidotāja spēka un vadības sistēmas komponentu aprēķins un izveidots atbilstošs detalizēts datormodelis;
- izgatavota un samontēta divu droseļu divtaktu pārveidotāja ar aktīvo slāpēšanas ķēdi pirmā darba versija un uzsākta pārveidotāja prototipa eksperimentālā izpēte;
- veikta vadības sistēmas izstrāde uz DSpace platformas bāzes;
- veikti pirmā etapa eksperimentālie mērījumi;
- izgatavoti divi prototipi divu droseļu divtaktu pārveidotājam ar aktīvo slāpēšanas ķēdi;
- veikta pārveidotāju prototipu eksperimentālā izpēte, pieslēdzot tos pie degvielas elementa izejas un pie invertora ieejas;
- eksperimentāli pārbaudīta pārveidotāja darbība, saslēdzot pārveidotāju ieejas paralēli un izejas virknes slēgumā;
- veikta pārveidotāja moduļu eksperimentāla pārbaude, pieslēdzot tos degvielas elementam un aktīvai slodzei;
- pilnveidota izveidotā vadības sistēma;
- izgatavots modulārs līdzsprieguma paaugstinošā pārveidotāja prototips, kas sastāv no četriem vienādiem divu droseļu divtaktu pārveidotāja moduļiem ar aktīvo slāpēšanas ķēdi un vadības sistēmas uz MSP430 mikrokontrollera bāzes;
- noskaidrots, ka nepieciešama pārveidotāja spiesto plašu optimizācija un papildus elektromagnētisko traucējumu aizsardzības tehniskie risinājumi;
- iesniegtas un akceptētas publicēšanai divas zinātniskās publikācijas.

Aktivitātes ietvaros sasniegti šādi projektā paredzētie rezultāti:

- iegūts LR patents par līdzsprieguma paaugstinošā pārveidotāja ieejas līdzsprieguma avota filtra shēmu;
- konferencē „TOPICAL PROBLEMS IN THE FIELD OF ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING”, kas notika Pērnāvā, Igaunijā, no 2012.gada 16.-20.janvārim prezentēts referāts “Comparison of BOOST Converter Realization Variants”;
- 2012.gada 13. bienālās Baltijas elektronikas konferences rakstu krājumā publicēts A.Andreičika, I.Steika un O.Krieva raksts „Design of Resonant DC/DC Converter for Fuel Cell Application”;
- 13.bienālā Baltijas elektronikas konferencē, kas notika 2012.gada 3.-5.oktobrim Tallinā, nolasīts

- A. Andreičika referāts „Design of Resonant DC/DC Converter for Fuel Cell Application”;
- 2012. gada 13. bienālās Baltijas elektronikas konferences rakstu krājumā publicēts P. Suska un I. Raņķa raksts „Buck-Boost DC-DC Converter for Wind and Hydroges Based Autonomous Energy Supply System”.

### 3. aktivitātes „Tehnoloģiskie risinājumi ūdeņraža nodrošināšanai” ietvaros veiktas šādas darbības:

- veikta ūdeņraža ražošanas un ūdeņraža uzkrāšanas sistēmu konstruēšana;
- turpināti pētījumi energoefektīva ūdeņraža gāzes ģenerators un ūdeņraža uzkrāšanas sistēmas izveides;
- apzinātas un analizētas zinātniskajās datu bāzēs atrodamas publikācijas un patentu datu bāzēs atrodami izgudrojumu apraksti par dažādām konstrukcijām un materiāliem gāzes ģeneratoru un uzkrāšanas sistēmu izveidē;
- veikti pētījumi ar oriģinālu gāzes ģenerators barošanas avotu (impulsu), kā arī oriģināliem gāzi adsorbējošiem materiāliem (aktivētu silikātu un alumosilikātu);
- ūdeņraža gāzes ģenerators korpusa konstrukcijas elementi pirmajā variantā plānoti no nerūsējošā tērauda, kuram problēmas sagādā izolējoša aizsargpārklājuma uzklāšana, risināts alternatīvs variants, korpusa konstrukcijas elementus veidojot no poliacetāla plastmasas, meklējot efektīvus materiālus ūdeņraža uzkrāšanai, atrasts, ka dažādiem dabiskā ceolīta paraugiem novērotas atgriezeniskas masas izmaiņas līdz pat 5 sv.% robežās, kas varētu liecināt par šo materiālu lietderību izmantošanai ūdeņraža uzkrāšanai;
- pabeigts ūdeņraža gāzes ģenerators korpusa konstrukcijas rasējums un detaļu skices;
- veiktas pārbaudes 316L tērauda elektrodam ar un bez Al-Ni pārklājuma ilgstošā elektrolīzes procesā;
- atrasts, ka no nepārklāta tērauda elektrolīzes laikā anodam no virsmas izšķīst viss hroms un niķelis, turpināti pētījumi efektīviem materiāliem ūdeņraža uzkrāšanai, meklētas metodes dabiskā ceolīta aktivizēšanai, vislabākie rezultāti sasniegti ar palādija piedevu – 5 svara % izmaiņa, adsorbējot ūdeņradi;
- starptautiskā konferencē „Functional Materials and Nano Technologies”, kas notika Rīgā no 2012. g. 17.-20. aprīlim prezentēti 2 referāti. Par viena ziņojuma rezultātiem sagatavota publikācija un iesniegta žurnālam, par otra ziņojuma rezultātiem uzsākts sagatavot publikāciju;
- pabeigts ūdeņraža gāzes ģenerators korpusa konstrukcijas rasējums, detaļu skices, izveidota to specifikācija;
- turpināti pētījumi par nanopārklājumu ieteiki uz elektrolīzes efektivitāti;
- turpināti pētījumi par dabiskā ceolīta ūdeņraža adsorbcijas spēju noteikšanu un palielināšanu;
- pabeigti gāzes ģenerators rasējumi un tehniskās skices, sagatavots detaļu tehnisko parametru un specifikāciju saraksts iepirkumam;
- dabiskais ceolīts, kas aktivēts ar palādiju, atkārtoti mērīts divu gāzu plūsmā termogravimetrā, izmantojot oriģinālu metodiku, un iegūti iepriekšējos rezultātus apstiprinoši dati – ūdeņradis tiek adsorbēts 5-7 masas % apjomā;
- lai izskaidrotu ūdens saistīšanās mehānismu materiālā, iesākti struktūras un morfoloģijas pētījumi, kā arī poru virsmas laukuma noteikšana šim materiālam;
- uzsākts sagatavot Latvijas patenta pieteikumu par oriģinālu spiediena izlīdzināšanās sistēmu divkameru elektrolīzes iekārtā;
- apstrādāti rezultāti par elektrolīzes procesu izpēti dažādos šķīdumos un ar dažādiem elektrodiem;
- gatavots materiāls publikācijai žurnālam Latvian Journal of Physics and Technical Sciences.
- turpināti eksperimenti ar dabisko ceolītu, mainot tam jonus un mērot divu gāzu plūsmā termogravimetrā, izmantojot oriģinālu metodiku, un iegūti iepriekšējos rezultātus apstiprinoši dati – ūdeņradis tiek adsorbēts 5-7 masas % apjomā;
- lai izskaidrotu ūdens saistīšanās mehānismu materiālā, iesākti struktūras un morfoloģijas pētījumi, kā arī poru virsmas laukuma noteikšana šim materiālam;
- sagatavots un iesniegts 1 Latvijas patenta pieteikums izgudrojuma „Šķidrums līmeņa līdzsvarošanas sistēma” patentēšanai.
- uzsākts sagatavot otru Latvijas patenta pieteikumu.

- sagatavotas 4 publikācijas, 3 referāti konferencēm, publicētas 3 tēzes un prezentēti 2 stenda referāti.
- atrasts, ka vēnā ņemami ūdeņraža adsorbcijas rezultāti tika iegūti, izmantojot paraugu ar Pd pārklājumu un nekarsējot, kā arī, izmantojot nelielu spiedienu- 2,5 bāri.

Aktivitātes ietvaros sasniegti šādi projektā paredzētie rezultāti:

- starptautiskā konferencē „International Conference on Hydrogen Production (ICH2P-2011)”, kas notika Grieķijā, Thesaloniki, no 2011.gada 19.-22. jūnijam, nolasīti 2 referāti:
  - ⇐ “HYDROGEN SORPTION OF MODIFIED OXIDES” un
  - ⇐ “CURRENT BEHAVIOUR DURING PULSED DC ELECTROLYSIS OF WATER”;
- Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūta gadskārtējā konferencē, kas notika Rīgā, 2012.gada 8.-10.februārim nolasīti referāti „Elektrolīzes efektivitātes pētījumi tērauda elektrodēm ar Raneja niķeļa pārklājumu.” un „Ūdeņraža uzglabāšanas tvertnes prototipa funkcionālā shēma.”.
- Raksts „Catalyst activation of silisilica nano-based pore structure material for hydrogen storage” publicēts žurnālā „IOP Conference Series: Materials Science and Engineering” un iekļauts SCOPUS datu bāzē ar Nr. DOI 10.1088/1757-899X/23/1/012009;
- P. Lesničenoka, A.Šivara, L.Grīnbergas un J.Klepera raksts „Hydrogen Adsorption in Zeolite Studied with Sievert and Thermogravimetric Methods” publicēts elektroniskā žurnālā „IOP Conference Series: Materials Science and Engineering”.
- P.Aizpurieša, M.Vanaga, J.Klepera un G.Bajāra raksts „Ni-Al protective coating of steel electrodes in DC electrolysis for hydrogen production.” publicēts „Latvian Journal of Physics and Technical Sciences”.

#### **4. aktivitātes „Ģenerators un maiņsprieguma – līdzsprieguma pārveidotāja izstrāde” ir pabeigta**

**Šī aktivitāte ir pabeigta.** Tās ietvaros veiktas šādas darbības:

- noteikti daudzpolu bezkontakta dubultās barošanas asinhronā ģenerators (DBAĢ) un lēngaitas sinhronā ģenerators ar NdFeB pastāvīgiem magnētiem (SĢPM) efektivitātes paaugstināšanas veidi, veikta šo ģeneratoru tehnisko risinājumu izstrāde;
- veikta daudzpolu bezkontakta dubultās barošanas ģenerators uzstādītās jaudas izmantošanas koeficienta palielināšana;
- balstoties uz magnētiskā lauka modelēšanas rezultātiem, noteikts bremsējošā momenta nevienmērīgums;
- veicot eksperimentus ar izstrādāto stendu, iegūti dubultās barošanas asinhronā ģenerators izejas dati, veikta izejas datu analīze un AC/DC pārveidotāja iespējamo risinājumu apskate.
- lai izstrādājamās ūdeņraža un vēja elektroiekārtas spētu darboties vienoti, veikts esošā 5 kW dubultās barošanas asinhronā dzinēja jauns 10kW ģenerators projekta aprēķins;
- izstrādāts sinhronā ģenerators ar pastāvīgajiem magnētiem eksperimentālo pārbaužu stends.
- sagatavota publikācija par magnētisko sajūgu iespējamo pielietojumu pētāmajā vēja elektroiekārtā mehānisko sajūgu vietā;
- veikti SĢPM un DBAĢ eksperimentālie pētījumi;
- veikts SĢPM eksperimentālo rezultātu salīdzinājums ar DBAĢ sinhronā režīma datiem;
- veikts 10 kW DBAĢ magnētiskās sistēmas aprēķins;
- veikts SĢPM radiāla un tangenciāla pastāvīgo magnētu magnētiskā lauka ietekmes salīdzinājums;
- veikts DBAĢ vienfāzes un divfāzu sekundārā tinuma salīdzinājums;
- izstrādāta un testēta SĢPM un DBAĢ pārveidotāja #1 spēka daļa;
- modelēta DBAĢ pašerosmes sistēma, un veiktas simulācijas ar to;
- veikti dažādi pētījumi, lai izstrādātu rekomendācijas SĢPM konstrukcijas izstrādē, ar mērķi sasniegt tā maksimālu darbības efektivitāti;
- veikti vairāki pētījumi, izstrādājot rekomendācijas DBAĢ konstruktīvai izstrādei, lai sasniegtu maksimālu tā darbības efektivitāti;
- veikti atšķirīgi pētījumi par pārveidotāju #1, meklējot labākos shēmas uzbūves risinājumus un veicot eksperimentālas simulāciju pārbaudes;
- veikts SĢPM ar radiāli un tangenciāli uzmagnezētīem magnētiem salīdzinājums;
- veikta SĢPM (PM no Nd-Fe-B) attāluma starp poliem optimizācija;
- veikta izpēte iespējai paplašināt darba ātruma diapazonu vēja elektroiekārtai ar SĢPM;
- veikta DBAĢ lietderības koeficienta paaugstināšana, pamatojoties uz sekundārās ķēdes simetriju;

- veikta izpēte vēja elektroiekārtas ar DBAĢ darba ātruma diapazona paplašināšanas iespēju;
- izstrādāta DBAĢ pašerosmes sistēma;
- izstrādāts līdzstrāvas beztransformatora BUCK-BOOST pārveidotājs ar komutējamu filtru, mazākas jaudas modelis un vadības sistēma;
- veikta izpēte iespējai paplašināt darba ātruma diapazonu vēja elektroiekārtai;
- veikta dubultās barošanas asinhronā ģenerators (DBAĢ) lietderības koeficienta paaugstināšana, pamatojoties uz sekundārās ķēdes simetriju;
- veikta izpēte vēja elektroiekārtas ar DBAĢ darba ātruma diapazona paplašināšanas iespējām;
- izstrādāta DBAĢ pašerosmes sistēma, līdzstrāvas beztransformatora BUCK-BOOST pārveidotājs ar komutējamu filtru, mazākas jaudas modelis un vadības sistēma;
- izpētīta dubultās barošanas ģenerators pašerosmes sistēma ar vadāmo taisngriezi;
- izveidota pašerosmes sistēmas shēma, kura nav atkarīga no fāžu spriegumu formas;
- izveidots un eksperimentāli pārbaudīts prototips;
- Izveidots paaugstinoši-pazeminošais pārveidotājs (ieskaitot PCB plātes izveidi, elementu izveidi, papildus darbus), pārveidotājam izveidotas vairākas spēka slēdžu vadības plātes, kuras atvieglo sistēmas atklāšanu, pēc pirmajiem diviem testiem izlaboti vairāki esošās sistēmas trūkumi, pēc izlabošanas veikta vēl viena izmēģināšana pārveidotāja dziļākai un pilnīgākai izpētei, kuras rezultāti atspoguļoti atskaitē.

Aktivitātes ietvaros sasniegti visi projektā paredzētie rezultāti:

- izstrādāts daudzpolu bezkontakta dubultās barošanas asinhronā ģenerators eksperimentāls paraugs;
- izstrādāts sinhronā ģenerators ar pastāvīgiem magnētiem projekts;
- iesniegts iesniegums patenta piešķiršanai vēja elektroiekārtas izgudrojumam;
- G.Diļeva, V.Pugačeva, N.Levina un E.Jākobsona raksts „Testing Results of Slow Speed Electrical Machine, That Can Operate as a Synchronous or Double Fed Induction Generator” publicēts Scopus datu bāzē;
- G.Diļeva un B.Oses-Zaļās raksts „Self-excitation of Low-speed Inductor Generator” publicēts Fizikālās enerģētikas institūta žurnālā „Latvian Journal of Physics and Technical Sciences” un Scopus datu bāzē;
- P.Suska un I.Raņķa raksts „Performance of a Voltage Step-Up/Step-Down Transformerless DC/DC Converter: Analytical Model” publicēts Fizikālās enerģētikas institūta žurnālā „Latvian Journal of Physics and Technical Sciences” un Scopus datu bāzē;
- Eiropas Patentu Birojā iesniegts pieteikums izgudrojuma „Multipolar Contactless Double Fed Asynchronous Generator” patenta izsniegšanai;
- G.Zaļeska un I.Raņķa raksts „Capacitor Activated Self-Excitation System of Synchronous Generator” publicēts rakstu krājumā „Electronics and Electrical Engineering” un Scopus datu bāzē.
- B.Oses-Zaļās, E.Jākobsona un P.Suska raksts „The Use of Magnetic Coupler Instead of Lever Actuated Friction Clutch for Wind Plant” publicēts žurnālā „Electronics and Electrical Engineering” un Scopus datu bāzē;
- N.Levina, S.Orlovas, V.Pugačova, B.Oses-Zaļās un E.Jākobsona raksts „Methods to Reduce the Cogging Torque in Permanent Magnet Synchronous Machines” publicēts žurnālā „Electronics and Electrical Engineering”;
- Izveidots zekkontakta divpusējās barošanas asinhronā ģenerators spēka pārveidotāja (DBAĢP) prototips;
- Sagatavota atskaite par eksperimentāliem pētījumiem.

**5. aktivitātes „Galvenās vadības un komunikāciju sistēmas izstrāde”** ietvaros veiktas šādas darbības:

- sastādīts pārskats par analogisku sistēmu vadības tehniskajiem risinājumiem pasaulē;
- izstrādāts vispārīgais kopējais sistēmas modelis un uzsākta sistēmas darbības scenāriju analīze un optimizācija;
- optimālas vadības sistēmas arhitektūras izstrādei veikts plašāk izmantoto SCADA vadības sistēmu komunikāciju protokolu salīdzinājums un plašāk izmantotās elektroenerģijas uzskaites un kvalitātes kontroles aparatūras salīdzinājums;
- vadības sistēmas arhitektūras izstrādei izvēlēta komunikācijas sistēmas centralizētās vadības (master-slave) tipa arhitektūra un veikta aparatūras līmeņa komunikāciju protokolu analīze un izvēle;

- izvērtēti komunikāciju sistēmas reakcijas laiki;
- izvēlēti vadības komunikācijas sistēmas aparatūras līdzekļi un to parametri un veikta nepieciešamo mērpārveidotāju analīze;
- izvēlēti vadības sistēmas lietotāja interfeisa aparatūras līdzekļi un veikta to parametru analīze, uzsākta lietotāja interfeisa vizualizācijas sistēmas izstrāde;
- izstrādāts ūdeņraža degvielas šūnas vadības interfeiss;
- izprojektēts vadības sistēmas barošanas bloks ar rezerves barošanas avotu un uzsākta tā montāža un atklūdošana;
- izstrādāts vadības sistēmas galvenā vadības skapja projekts un uzsākta tā montāža;
- turpinās vadības sistēmas Modbus iekārtu konfigurēšana un barošanas bloka ar rezerves barošanas avotu optimizācija.

**6. aktivitātes „Līdzsprieguma – maiņsprieguma pārveidotāja izstrāde”** ietvaros veiktas šādas darbības:

- izvēlēti divi perspektīvākie līdzsprieguma – maiņsprieguma pārveidotāja spēka shēmu un to vadības algoritmu varianti;
- izveidoti izvēlētajā vadības algoritma datormodeļi un uzsākta modelēšanas rezultātu analīze līdzsprieguma-maiņsprieguma pārveidotājam;
- realizēta līdzsprieguma-maiņsprieguma pārveidotāja prototipa nenoslēgtas regulēšanas cilpas vadība (bez atgriezeniskās saites) VHDL valodā, kas ir izmantojama FPGA vadības aparatūras līdzekļiem;
- izveidots līdzsprieguma-maiņsprieguma pārveidotāja prototipa viens modulis un uzsākta tā eksperimentālā testēšana;
- veikta līdzsprieguma-maiņsprieguma pārveidotāja modelēšanas rezultātu analīze nesimetriskas slodzes gadījumiem un identificēti atbilstoši vadības risinājumi;
- uzsākta silīcija-karbidā (SiC) tranzistoru draiveru izstrāde un testēšana līdzsprieguma-maiņsprieguma pārveidotāja prototipam uz SiC tranzistoru bāzes;
- pilnveidots līdzsprieguma-maiņsprieguma daudzlīmeņu pārveidotāja modelis nesimetriskas slodzes gadījumiem un izstrādāti atbilstoši vadības risinājumi;
- veikta uz FPGA programmējamās loģiskās matricas bāzētas vadības sistēmas atgriezeniskās saites pārbaude, izmantojot "spriegums-frekvence" pārveidotāju;
- veikta līdzsprieguma – maiņsprieguma pārveidotāja vadības plates izstrāde tā vadības sistēmas optimizācijai un līdzsprieguma – maiņsprieguma pārveidotāja vienas fāzes fizikālā modeļa sākotnējā pārbaude;
- veikta līdzsprieguma – maiņsprieguma pārveidotāja prototipa eksperimentāla darbības pārbaude;
- uzsākts darbs pie zinātniskās publikācijas un patenta sagatavošanas;
- veikta līdzsprieguma - maiņsprieguma pārveidotāja prototipa eksperimentālā izpēte, pieslēdzot to pie līdzsprieguma paaugstinošā pārveidotāja moduļiem;
- uzsākta līdzsprieguma – maiņsprieguma pārveidotāja spēka ķēžu pārbūve, papildus traucējumu filtru uzstādīšana un vadības sistēmas traucējumnoturības uzlabošana.
- iesniegta viena publikācija, kā arī sagatavots iesniegšanai viens Latvijas patents.

**7. aktivitātes „Sistēmas kopējā testēšana”** ietvaros veiktas šādas darbības:

- atrasti pašierosmes procesa nosacījumi pie dažādiem ģenerators ātrumiem, ko ievērojot atļauj stabilu procesa norisi;
- eksperimentāli noteikta ģenerators ar paliekošo magnētismu veidotā sprieguma frekvence, kas ļauj optimizēt sistēmas darbību un pilnveidot vadības algoritmu;
- pārveidotāja spēka shēma tika modificēta tādā veidā, lai izvairītos no shēmas trūkumiem, izveidotas pārveidotāja korektai darbībai nepieciešamās plates un tās izpildītas un atklūdotas. Rezultātā ir gaidāms augstāks lietderības koeficients.

Projektā turpinās darbs pie 2.-7 aktivitātes. Ir iesniegts grozījumu pieprasījums, lai projekta īstenošanas periodu pagarinātu par 2 mēnešiem – līdz 2013.gada 30.septembrim.

Informāciju sagatavoja:

Vineta Fortiņa, RTU SAD PIUN projektu vadītāja

Publicēts: 2013.gada aprīlī